

顕微鏡下に於る土粒子の双晶及び Micro Soil Aggregate 及び地殻とマントル

和田 昭 夫

双晶は本来的な結晶の 2 対からなる集合体であり、その生成は dislocation によるものである。それは顕微鏡下に於て、土粒子にかなり多数観察される。それを、既に筆者がのぞいたように結晶を matrix(A) であらわし poly-crystal を $\begin{pmatrix} a \\ b \end{pmatrix}$ であらわしたのと同じ方法で¹⁾その中間体と考えて、双晶の生成に要するエネルギーを q, 単独の結晶を (S) で表わすと、エネルギー式として次式が成立すると考えられる。

$$(S)q = (S') \dots\dots\dots ①$$

(S') に関する固有値問題として次式が得られる。

$$(S')q' = \lambda'q' \dots\dots\dots ②$$

①式と②式を組合わせると $(S)qq' = \lambda'q' \therefore (S)q = \lambda' \therefore (S') = \lambda'$ 故に任意の q_0 について

$$(S')q_0 = \lambda'q_0 \dots\dots\dots ③ \text{が成立する。}$$

仮にここの双晶体が熱分解を起すとき q_0 が大きな値であれば大きなエネルギーを放出することが予想される。

双晶の複素数表示

双晶を 2 つの結晶の数学的組合せにすると考え複素数で表示し更に matrix で表示すると双晶は複素 matrix (\dot{A}) で表示することができる。固有値問題の複素数の自然的拡張は

$$(\dot{S})q = \dot{\lambda}q \dots\dots\dots ④ \text{である。} \quad ① \text{式より } (\dot{S})q \dots\dots\dots ⑤$$

$$(S)qq' = \lambda'q'q$$

$$(S)q' = \dot{\lambda}q' \dots\dots\dots ⑥$$

土粒子の長時間加熱

土粒子の長時間加熱は既に筆者がのべたように、

$$\int^{dt} q dt = \int^{dt'} q' dt \quad \text{但し } q \gg 1, \Delta t' \gg 1$$

から、大きな熱を与えることと、長時間の加熱との間に、アナロジーが成立することが予想される。予想は、多量の熱を与えたときの融解より①全体としてかたまる②ばらばらのかたまりを形成することである。そこで次の実験を行った。土粒子をラジウスで12時間加熱した。そのとき、土粒子は数個のかたまりを形成する傾向を示した。これは前述の②の傾向を示すことを意味する。以上から次の議論を行う。

方程式は次の通りである。ある mass を(A)で表わすと $[A] = (A') +] A''$ [... ⑦, 但し, (A)はかたまりをあらわし, $] A''$ [は単なる集まりである。

エネルギー式は, $[A]q = (A')q' + q''$ となる。何故ならば $] A''$ [に関してこれは単なる集合で熱を与へてもその熱がそのまま保持され、エネルギーは q'' となるからである。

実験から q が非常に大きい場合即ち土粒子の融解凝結を伴う場合について考察すると⑦式は $[A]$ の凝結は (A') の凝結と $] A''$ [の凝結の和に等しいことをあらわす。 (A') の凝結は既に筆者が発表した³⁾poly-crystal としての発熱の為 $] A''$ [の凝結よりも早いと考えられ (A') を中心として $] A''$ [のかたまりができると思われる。

昭和新山に於るや、土壌化した火山灰に 10^{-2}cm 位の比較的大きなかたまりが顕微鏡下で一般的に観察される。これを micro soil aggregate とよぶことにする。この土壌を火山土と呼ぶことにする。火山土の場合は土粒子の加熱と逆の逆の過程で融解岩石の冷却をへて生じたものである。土壌化作用、岩石→土壌の過程が逆行可能であれが火山土は土粒子の加熱によって生じた物質と本質的に異なるものではない。それに関して以下の議論を行う。融解した岩石と凝結した岩石についてはこの過程は可逆過程である。融解した岩石即ちマグマの比熱を C_m , 温度を T_m とすると, $\delta Q = C_m \delta T_m$ からエントロピーの変化は $\delta S_m = C_m \frac{\delta T_m}{T}$ となる。岩石の比熱を C_R , 温度を T_R とすると $\delta S_R = \frac{\delta T_R}{T_R}$ 融解凝結は可逆変化であるからエントロピーの変化

顕微鏡下に於る土粒子の双晶及び Micro Soil Aggregate 及び地殻とマントル (和田昭夫)

$$\delta S = \delta S_m + \delta S_r = C_m \frac{\delta T_m}{T_m} + C_r \frac{\delta T_r}{T_r} = 0 \quad \dots\dots\dots \textcircled{8}$$

となる。両辺を積分すると

$$S = C_m \log T_m + C_r \log T_r = \text{Constant} \quad \dots\dots\dots \textcircled{9}$$

ある岩石の mass を考へそれが土壤に変化したとするとこの際のエントロピーは

$$S' = C_s \log T_s + C_r \log T_r \quad \dots\dots\dots \textcircled{10}$$

但し C_s : 土の比熱 T_s : 土の温度

$$\textcircled{8} \text{式から } C_r \frac{\delta T_r}{T_r} = -C_m \frac{\delta T_m}{T_m}$$

$$\textcircled{10} \text{式から } \delta S' = C_s \frac{\delta T_s}{T_s} + C_r \frac{\delta T_r}{T_s} - C_m \frac{\delta T_m}{T_m}$$

T_s 及び T_r はほぼ気温に等しく、一定とてよい。

$$\therefore \delta T_s \simeq 0, \delta T_r \simeq 0, \text{ かつ } C_r = \text{constant}$$

C_s は土じょう化作用に於て、化学組成が岩石のものとそれ程変化しないとき、比熱即ち C_s はほぼ一定となる。故に S' はほぼ一定に保たれる。故に岩石と土じょうは可逆変化である。マグマと岩石は可逆変化であるから土壤とマグマは可逆変化である。

故に前述した火山土は土粒子を熱したものと本質的な差異はないと思われる。実際土壤を高温で加熱すると火山灰と同じ様な色調を示す。

火山灰について

結合水による土粒子の集団である。土粒子のみに注目したときそれは本来的に土粒子そのものの結合とは関係しない。故にこれを単なる集合 S [で表わすことができる。噴出時の火山灰と、それ程変化していない火山灰を第一次の火山灰とよぶことにする。第1次の火山灰はひえた溶岩と共にガラス物質である。これから結晶を有する火山灰がいかにかに生ずるか。ガラス物質から結晶ができる過程に似た過程の一例として、例えば砂糖を水溶液にしてそれが乾燥したとき前よりも比較的大きな結晶の生成がある。これは水分子の dipole が砂糖の結晶化を助成する為であると思われる。即ち soil aggregate の形成が水分子の dipole の静電場によるとと思われるの

と同様に、砂糖の分子 dipole が、水分子の dipole を仲介にして、砂糖の多数の分子がある配列をしこれが砂糖の大きな結晶を生むと考えられる。

第1次の火山灰に於ても、それが火山土になる過程で水が存在することは次のように知ることができる。マグマは岩石と成分的に等しく、従って岩石の融解したものに等しいことが知られている。このマグマが噴出して第1次の火山灰になるとき、気相、主に水蒸気を放出する。

故に第1次の火山灰と岩石とは前者が水蒸気が失われた状態である為成分は等しくない。故に前述したことからエントロピーは異なり可逆変化ではなくなる。この第1次の火山灰に水が添加され、ある時間が経過すると、ガラス物質と溶液の一面に於るアナロジーから、砂糖溶液から砂糖の結晶ができるのと、アナロジー的に、同様に、結晶が生成され、火山灰が作られると思われる。

このような岩石或はマグマ→火山土の可逆過程を物性的に考えれば結晶の分解と結晶の集積と解釈される。

マントル迄さかのばれば筆者が既にのべたように¹⁾crust 下部とマントルとの境は mantle → crust, crust → mantle の変化に等しい場所であり、境界は準平衡の状態にあると思われる。故にマントル上部と地殻の岩石或はマグマはその変化は物性的には、には可逆的であり、物性的にはマントル上部の組成と地殻下部の岩石とは、同じ組成を持つと思われる。地殻下部の岩石は地震波から知られているように玄武岩質の岩石である。

火山土を長時間熱すると色が第1次の火山灰ににてくる。これは火山土→火山灰（第一次）の過程を示すと思われる。更に熱すると色がやゝ黒色を帯びる。岩石の融解前と融解後では、後者の方が熱放出が大きい。それは第1に熱輻射が大きくなる為である。その意味で黒体輻射に近くなる。火山土が黒色をおびることはその輻射が黒体輻射に近くなることを意味し上述のマグマ⇌岩石の過程と表面輻射に関して関係があると思われる。

マントルの物性と crust が可逆的であるということは、結晶的に、マントルの物性と crust が可逆的であることを意味する。これはマントルの状態がそのまゝ crust の結晶を生じ得ることである。これは既に筆者が発表した³⁾マグマから結晶の生成に於るマグマ流動の役割、即ち流動による流動電位の発生による dipole の配列→結晶の

顕微鏡下に於る土粒子の双晶及び Micro Soil Aggregate 及び地殻とマントル (和田昭夫)

過程を生ずる為にはマントルの流動が干渉していることを仮定する。これを結晶的に考えて、マントル及びその流動と crust の物質とが可逆変化であるという仮定を設ける。マントルの事象を $S_m = S_m(\text{mole}, p)$ crust の事象を $S_c(\text{mole})$ とすると、

$$S_m(\text{mole}, p) \rightleftharpoons S_c(\text{mole}) \dots\dots\dots \textcircled{14}$$

以上からマントル, crust の境界に於て

$$V_m = X_c \dots\dots\dots \textcircled{15}$$

が成立することを仮定する。

$$\textcircled{11} \text{式より } \alpha_m = V_c \dots\dots\dots \textcircled{12}$$

即ち crust の速度はマントルの速度の 1 次微分に等しい。一般には, crust の速度は 0 に等しいと考えられるからマントルは一般に一定速度で運動している。これはマントル対流を意味する。局所的な或いは長い時間で見た場合の crust の一定速度の運動はマントルの加速度に等しい。

$$\textcircled{12} \text{式から } C_p = V_c \dots\dots\dots \textcircled{13}$$

但し p = マントルの圧力, 故に crust の運動はマントルの圧力による。局所的な crust の運動として造山運動及び海嶺の形成を考へれば⁴⁾ 前述したことからこれはマントル対流に於る加速度の上, 下の最大値に当る。これらはマントル対流の曲率の最大値に当る。故に図のようなマントル対流のモデルを考へることができる。

これは既に筆者や発表した²⁾モデルと一致する。crust に於る力 F_c はマントルに於る力を F_m とすると前述したことから $F_m = \int F_c dt$ である。

$$\text{従って } F_c = \frac{dF_m}{dt}$$

以上よりマントルと crust ら各々独立に考えることができる。マントルに於る力 F_m は, マントルのある部分に座標系を定めなければならないがマントルは流動しておりこの座標は従って慣性系ではない。従ってこれは一般相対論の問題であり力は力テンソルである。

マントルの物性

マントルの流動と岩石は可逆変化である。故に流動要素を除いたマントルの物性と岩石は可逆変化ではない。故に物性に関して定義されたエントロピーは増大する。然しマントル内で定められた物性に関しては $\textcircled{14}$ 式に於る $S_m(\text{mole}, p)$ の p は crust

を中心としてみた場合のものであり、これは、⑮式からマントル内では座標 x に対応すると思われるので、

$$S_m = (mole, p) = S(mole, x, m) \dots\dots\dots ⑯$$

となる。この場合についての広義のエントロピーを仮定し、今の場合、マントルと crust は物性的に可逆変化なので広義のエントロピーは不変であることを仮定する。

⑯式からマントル内からみたマントルの物性 $S_m(mole, x, m)$ は crust からみたマントルの流動に等しい。

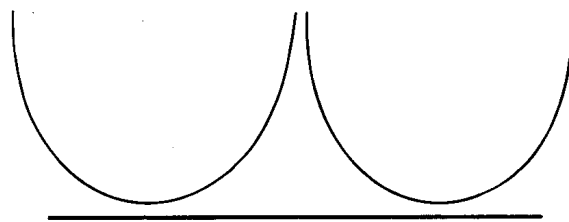


図 マントル対流

以上よりマントルの物性と火山の溶岩流との間にアナロジーが成立することが推定される。⑯式から $S_m(mole, V_m) = S'_m(mole, \alpha)$ 但し S'_m : crust からみたマントルの物性、⑰式からマントル内からみたマントルの一定速度の運動は α を力 F で置きかえると、火山の爆発との間にアナロジーが成立することが推定される。

参考文献

- 1) 和田昭夫：Ultra Micro Soil Aggregate について 札幌大学教養部紀要第 17 号 (昭和 54 年)
- 2) 和田昭夫：温泉熱源及びマントルについて 札幌大学教養部紀要第 18 号 (昭和 56 年)
- 3) 和田昭夫：Ultra Micro Soil Aggregate のエネルギー及び岩石の結晶と氷の結晶とのアナロジー 札幌大学教養部紀要第 18 号 (昭和 56 年)
- 4) 牛来正夫：地殻・岩石・鉱物 p. 121